

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-3851  
(P 2 0 0 0 - 3 8 5 1 A)  
(43) 公開日 平成12年 1 月 7 日 (2000. 1. 7)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/027		H01L 21/30	517 2H087
G02B 17/08		G02B 17/08	Z 5F046
G03F 7/20	521	G03F 7/20	521

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全12頁)

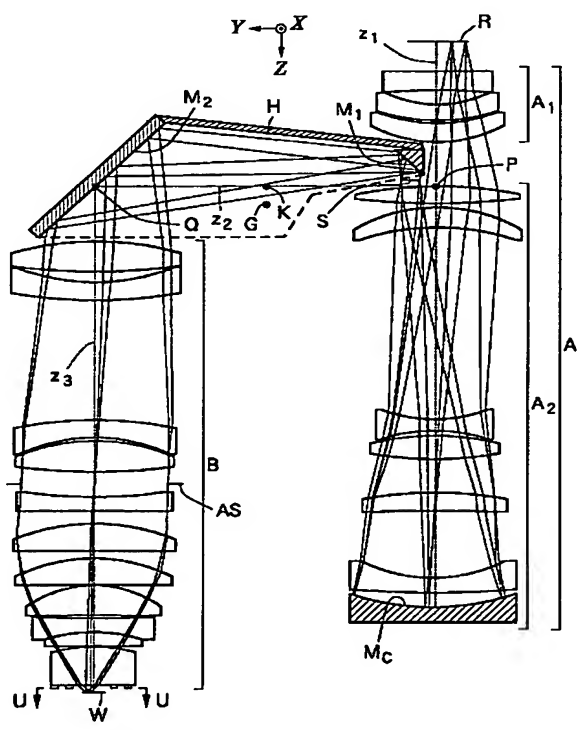
(21) 出願番号	特願平10-181497	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
(22) 出願日	平成10年 6 月 12 日 (1998. 6. 12)	(72) 発明者	高橋 哲男 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株 式会社ニコン内
		(72) 発明者	大村 泰弘 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株 式会社ニコン内
		(74) 代理人	100094329 弁理士 猪熊 克彦
		F ターム (参考)	2H087 KA21 LA01 NA04 RA05 RA32 TA01 TA05 UA03 UA04 5F046 BA05 CB02 CB15

(54) 【発明の名称】 反射屈折投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 光路偏向部材がチルトを生じて、像の回転が生じ難く、したがってクォーターミクロン単位の解像度を安定して得ることができる反射屈折投影露光装置を提供する。

【解決手段】 屈折光学部材と曲面鏡M<sub>c</sub>と光路偏向部材M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>とを含む光学部材により、第1面Rの縮小像を第2面W上に形成する反射屈折投影露光装置において、該露光装置は、2個以上の光路偏向部材M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>を有し、光路偏向部材のうちのいずれか2つの光路偏向部材M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>は、その反射面が互いに直交するように配置され、且つ単一の保持部材Hによって保持されていることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】屈折光学部材と曲面鏡と光路偏向部材とを含む光学部材により、第 1 面の縮小像を第 2 面上に形成する反射屈折投影露光装置において、

該露光装置は、2 個以上の前記光路偏向部材を有し、該光路偏向部材のうちのいずれか 2 つの光路偏向部材は、その反射面が互いに直交するように配置され、且つ単一の保持部材によって保持されていることを特徴とする反射屈折投影露光装置。

【請求項 2】前記露光装置は、前記保持部材を支持する支持部材を有し、前記保持部材によって保持された前記 2 つの光路偏向部材の間の光軸の中点を通り、該光軸と直交する平面又はその近傍において、前記保持部材は前記支持部材によって支持されることを特徴とする、請求項 1 記載の反射屈折投影露光装置。

【請求項 3】前記保持部材によって保持された前記 2 つの光路偏向部材の間に、屈折光学部材を含まないことを特徴とする、請求項 1 又は 2 記載の反射屈折投影露光装置。

【請求項 4】前記保持部材によって保持された前記 2 つの光路偏向部材は、表面反射鏡であることを特徴とする、請求項 1、2 又は 3 記載の反射屈折投影露光装置。

【請求項 5】前記露光装置は、前記第 1 面の中間像を形成する第 1 結像光学系と、前記中間像の再結像を前記第 2 面上に形成する第 2 結像光学系と、前記中間像の近傍に配置される第 1 光路偏向部材と、該第 1 光路偏向部材と前記第 2 結像光学系との間に配置され又は前記第 2 結像光学系の内部に配置される第 2 光路偏向部材とを有することを特徴とする、請求項 1、2、3 又は 4 記載の反射屈折投影露光装置。

【請求項 6】前記第 1 結像光学系は前記曲面鏡を含み、該曲面鏡は凹面鏡によって形成されることを特徴とする、請求項 5 記載の反射屈折投影露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子、または液晶露光装置等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される投影露光装置の光学系に関し、特に光学系の一要素として反射系を用いることにより、クォーターミクロン単位の解像度を有する反射屈折光学系の保持構造に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程においては、フォトマスクまたはレチクル（以下、レチクルと総称する。）上のパターンの像を、投影光学系を介して、フォトレジスト等が塗布されたウエハまたはガラスプレート等（以下、ウエハと総称する。）上に露光する投影露光装置が使用されている。半導体素子等の集積度が向上するにつれて、投影露光装

置に使用されている投影光学系に要求される解像力は益々高まっている。この要求を満足するために、照明光の波長を短くし、且つ投影光学系の開口数（N. A.）を大きくする必要が生じた。

【0003】しかし、照明光の波長が短くなると、光の吸収によって実用に耐える硝材の種類は限られ、波長が 300nm 以下になると、現在のところ実用上使える硝材は合成石英と蛍石だけとなる。両者のアッペ数は、色収差を補正するのに十分な程は離れていないので、色収差の補正が困難となる。また求められる光学性能は極めて高いため、各収差をほぼ無収差にすることが必要となる。これをレンズ群のみで構成される屈折光学系で達成するためには、多数のレンズが必要となり、透過率の低減や光学系を製造するためのコストの増大を避けることはできない。

【0004】これに対して凹面鏡等のパワーを用いた反射光学系は色収差がなく、しかもレンズとは逆のペッツバル和への寄与を示すため、反射光学系と屈折光学系とを組み合わせたいわゆる反射屈折光学系によれば、レンズ枚数の増加を招くことなく、色収差をはじめとする各種の収差をほぼ無収差にすることができる。こうした反射屈折光学系により投影光学系を構成した種々の技術が提案されてきている。それらの代表的なものとして、特開昭 63-163319 号公報、特公平 7-111512 号公報、特公平 5-25170 号公報、USP-4, 779, 966 等が開示されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】一般に反射屈折光学系では、凹面鏡に向う往路の光路と凹面鏡からの復路の光路とを分離するために、光路偏向部材を用いる必要がある。ここで、屈折光学部材や凹面鏡は光軸対称に形成されているために、これらの光学部材が光軸周りに回転しても、特段の収差は生じない。しかるに光路偏向部材には入射光軸と射出光軸とがあつて、光軸対称には形成されていない。それ故、光路偏向部材が入射光軸周りに回転し、あるいは射出光軸周りに回転すると、像の回転を招く。また、光路偏向部材が、入射光軸と射出光軸との双方に直交する軸周りに回転すると、像の変形を招く。

【0006】このように、反射屈折光学系の光路偏向部材がチルト（回転運動）を生じると、像の回転や変形が大きく発生するために、クォーターミクロン単位の解像度の像を安定して得るには、光路偏向部材の組み込み位置に対して厳しい要求が課され、且つ、その位置にて光路偏向部材が維持されるように、防振に対しても厳しい要求が課されることとなる。このために、設計上では反射屈折光学系が屈折光学系よりも優れているものの、現実には反射屈折光学系を製造する際の大きな問題点となっていた。本発明はかかる点に鑑み、光路偏向部材がチルトを生じても、像の回転が生じ難く、したがってクォーターミクロン単位の解像度を安定して得ることができる

反射屈折投影露光装置を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、すなわち、屈折光学部材と曲面鏡と光路偏向部材とを含む光学部材により、第1面の縮小像を第2面上に形成する反射屈折投影露光装置において、該露光装置は、2個以上の前記光路偏向部材を有し、該光路偏向部材のうちのいずれか2つの光路偏向部材は、その反射面が互いに直交するように配置され、且つ単一の保持部材によって保持されていることを特徴とする反射屈折投影露光装置である。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。図1は、本発明の第1実施例による反射屈折投影露光装置に用いる投影光学系の光路図を示す。この投影光学系は、第1結像光学系AによってレチクルR上のパターンの中間像Sを形成し、第2結像光学系Bによって中間像Sの再結像をウエハWの感光面上に形成するものである。第1結像光学系Aの光軸（第1光軸 $z_1$ ）は、鉛直Z方向に配置されている。また、第1結像光学系Aは前群 $A_1$ と後群 $A_2$ とからなり、後群 $A_2$ には凹面鏡 $M_2$ が配置されており、したがって後群 $A_2$ は往復光学系となっている。そして第1結像光学系Aによるパターンの中間像Sは、前群 $A_1$ と後群 $A_2$ との中間に形成される。その中間像Sの位置の近傍に第1平面鏡 $M_1$ が配置されており、同平面鏡 $M_1$ によって、第1結像光学系Aの第1光軸 $z_1$ は $90^\circ$ 折り曲げられて、左右Y方向に延びる第2光軸 $z_2$ となっている。第2光軸 $z_2$ には第2平面鏡 $M_2$ が配置されており、同平面鏡 $M_2$ によって第2光軸 $z_2$ は更に $90^\circ$ 折り曲げられて、鉛直Z方向に延びる第3光軸 $z_3$ となっている。

【0009】したがって第1光軸 $z_1$ と第2光軸 $z_2$ との交点を点Pとすると、点Pは第1平面鏡 $M_1$ の反射面を含む平面上にあり、第2光軸 $z_2$ と第3光軸 $z_3$ との交点を点Qとすると、点Qは第2平面鏡 $M_2$ の反射面を含む平面上にあり、線分PQが第2光軸 $z_2$ となっている。また、2つの平面鏡 $M_1$ 、 $M_2$ は互いに直交し、且つ第2光軸 $z_2$ に対して共に $45^\circ$ の角度をなしている。そし

$$z(y) = \frac{y^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)y^2/r^2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14}$$

y：光軸からの高さ

z：接平面から非球面までの光軸方向の距離

r：頂点曲率半径

$\kappa$ ：円錐係数

A～F：非球面係数

〔光学部材諸元〕

No      r      d      R, r, r

て第3光軸 $z_3$ に、第2結像光学系Bが配置されており、この第2結像光学系Bの内部に開口絞りASが配置されている。

【0010】この投影光学系は、第1結像光学系後群 $A_2$ が往復光学系となっているために、レチクルパターン面とウエハ感光面の光軸 $z_1$ 、 $z_3$ 上の位置は、使用領域とはならない。すなわちレチクルパターンを照明する照明光学系（不図示）の照明領域は、第1光軸 $z_1$ を外した前後X方向に長いスリット状となっており、この結果、投影光学系の露光領域Waも第3光軸 $z_3$ を外した前後X方向に長いスリット状となっている。そしてレチクルRとウエハWとを左右Y方向に同期して走査することにより、レチクルパターンの全域をウエハの感光面に転写するものである。

【0011】第1実施例の投影光学系の主要諸元は、

ウエハ側N. A.：0.75

倍率：0.25倍

使用波長：193.3nm（ArFエキシマレーザー）である。露光領域Waとしては、図2（X）に示すように、前後X方向長さ×左右Y方向長さが、25mm×6mmの長方形領域としている。なお図2（X）は、図1中U-U線拡大矢視図である。

【0012】以下の表1に投影光学系の光学部材の諸元を掲げる。表1の〔光学部材諸元〕中、第1欄NoはレチクルR側からの各光学面の番号、第2欄rは各光学面の曲率半径、第3欄dは各光学面から次の光学面までの光軸上の距離、第4欄R, r, rは各光学面の有効半径、第5欄は各光学面から次の光学面までの硝材（空欄は空気）、第6欄は各光学部材の記号又は光学部材の属する群の記号を示す。曲率半径rと光軸上の間隔dは光の進行方向を正とするが、1回反射するごとに正負を逆転して表示している。また、使用波長での石英と蛍石の屈折率は次の通りである。

石英：1.560326

蛍石：1.501455

【0013】また第39面と52面は非球面を用いており、非球面についての第2欄rは、頂点曲率半径である。非球面の形状は、

によって表わしており、〔非球面データ〕に、非球面係数A～Fの値を示した。円錐係数については、各非球面とも $\kappa = 0$ である。

【0014】

〔表1〕

5					
0	$\infty$	50.0980			R
1	$\infty$	30.8769	77.96	石英	A <sub>1</sub>
2	1358.1393	25.6596	82.00		
3	-173.9366	29.5956	82.54	石英	A <sub>1</sub>
4	-262.5027	3.9549	93.62		
5	-243.7585	32.1846	94.30	石英	A <sub>1</sub>
6	-198.6141	79.2508	102.23		
7	705.6754	29.6916	128.29	石英	A <sub>2</sub>
8	-853.6854	7.1157	128.85		
9	243.8837	35.0000	130.00	石英	A <sub>2</sub>
10	393.9524	334.9670	126.27		
11	-228.4608	20.5261	87.25	石英	A <sub>2</sub>
12	324.6767	7.3561	90.62		
13	359.7325	40.5663	92.51	螢石	A <sub>2</sub>
14	-554.2952	58.0131	94.34		
15	588.9791	33.3872	97.95	石英	A <sub>2</sub>
16	3573.1266	113.1955	97.48		
17	-249.4612	25.0000	111.74	石英	A <sub>2</sub>
18	-1326.9703	25.8354	126.13		
19	-367.4917	-25.8354	129.94		A <sub>2</sub> M <sub>c</sub>
20	-1326.9703	-25.0000	127.54	石英	A <sub>2</sub>
21	-249.4612	-113.1955	117.01		
22	3573.1266	-33.3872	112.48	石英	A <sub>2</sub>
23	588.9791	-58.0131	111.89		
24	-554.2952	-40.5663	100.25	螢石	A <sub>2</sub>
25	359.7325	-7.3561	97.36		
26	324.6767	-20.5261	94.44	石英	A <sub>2</sub>
27	-228.4608	-334.9670	87.51		
28	393.9524	-35.0000	93.84	石英	A <sub>2</sub>
29	243.8837	-7.1157	96.50		
30	-853.6854	-29.6916	93.81	石英	A <sub>2</sub>
31	705.6754	1.6203	92.09		
32	$\infty$	530.0000			M <sub>1</sub>
33	$\infty$	-100.0000			M <sub>2</sub>
34	-473.4614	-50.8662	130.00	石英	B
35	1218.5628	-18.9785	128.42		
36	357.1688	-31.0635	128.11	石英	B
37	818.7536	-209.4034	129.93		
38	-571.9096	-31.2079	123.89	石英	B
39	-295.8211	-4.7127	119.48		
40	-291.2028	-53.9868	119.84	螢石	B
41	858.6769	-19.1416	119.00		
42	—	-24.0577	115.27		A S
43	719.7751	-25.0000	113.83	石英	B
44	6715.0030	-22.3498	117.19		
45	-314.9647	-45.0000	124.79	石英	B
46	-5036.3103	-16.5385	123.55		
47	-265.1907	-45.0000	120.07	石英	B
48	9375.9412	-1.1109	116.54		
49	-177.9561	-50.1531	103.37	石英	B

50	-18823.9455	-4.9217	94.91		
51	1624.4653	-25.0000	93.03	石英	B
52	-247.3912	-1.0000	74.54		
53	-210.5206	-24.3364	73.99	石英	B
54	-35247.2125	-1.0621	69.21		
55	-293.7588	-65.0000	63.01	石英	B
56	56893.1197	-12.3837	31.15		
57	$\infty$				W

## [非球面データ]

No=39	A=-1.3500 $\times 10^{-8}$	B=-1.2494 $\times 10^{-13}$
	C=-1.3519 $\times 10^{-18}$	D=-9.1832 $\times 10^{-23}$
	E=3.6355 $\times 10^{-27}$	F=-1.6744 $\times 10^{-31}$
No=52	A=-4.8402 $\times 10^{-8}$	B=-1.1379 $\times 10^{-12}$
	C=-6.8704 $\times 10^{-17}$	D=-2.8172 $\times 10^{-21}$
	E=0	F=0

【0015】さて、本実施例では、2つの平面鏡 $M_1$ 、 $M_2$ は単一の保持部材Hによって保持されており、すなわち2つの平面鏡 $M_1$ 、 $M_2$ は一体として保持されている。この保持部材Hは、架台（不図示）上に立設した支持部材（不図示）によって、前方（+X方向）と後方（-X方向）から支持されており、前後の支持部材が保持部材Hを支持する位置の中間点は、おおむね、第2光軸 $z_2$ （すなわち線分PQ）の midpoint K の直下30mmのピボタル点Gのところにある。支持部材は、保持部材Hがなんらの運動も生じないように支持するのではあるが、現実には保持部材Hは回転運動を生じる可能性があり、その回転運動は、ピボタル点Gを通るX軸、Y軸及びZ軸周りの回転運動となる。

【0016】このように2つの平面鏡 $M_1$ 、 $M_2$ を一体として保持し、且つ、第2光軸 $z_2$ （線分PQ）の midpoint K ないしはその近傍をピボタル点Gとする構成の有効性を以下に示す。比較対象として、2つの平面鏡 $M_1$ 、 $M_2$ を個別に支持し、第1平面鏡 $M_1$ が回転したときの像の変形と、第2平面鏡 $M_2$ が回転したときの像の変形とを調べる。次いで、本実施例の構成に基づき、2つの平面鏡 $M_1$ 、 $M_2$ が一体として回転したときの像の変形を調べる。

【0017】先ず、第1平面鏡 $M_1$ が単独で回転したときの像の変形結果について説明する。想定した回転運動は、第1光軸 $z_1$ と第2光軸 $z_2$ との交点Pをピボタル点として、ピボタル点Pを通るX軸、Y軸及びZ軸周りの回転運動とし、回転の方向と回転角は、それぞれ+X方

向より見て反時計方向に3"、+Y方向より見て反時計方向に3"及び+Z方向より見て時計方向に3"としている。なお、ピボタル点Pは、第1平面鏡 $M_1$ の反射面を延長した平面上にあるが、第1結像光学系Aは往復光学系を含んでいるから、第1平面鏡 $M_1$ の反射面自体の上にピボタル点Pがある訳ではない。

【0018】この回転運動に起因して像が変形するが、表2と図2に、露光領域Waの中央位置1と露光領域Waの四隅2～5の変位量を示す。表2に示した変位量dX、dYの単位はnmである。また図2（X）、（Y）及び（Z）は、それぞれX軸、Y軸及びZ軸周りの回転による点1～5の変位量を表す。なお、第1平面鏡 $M_1$ が回転すると、第3光軸 $z_3$ のウエハ面上での位置も変位する。表2と図2に示されているのは、変位後の第3光軸 $z_3$ の位置を、変位前の第3光軸 $z_3$ の位置に重ねるように引き戻したときに、なおも残る点1～5の変位量を表わしている。

【0019】同様に、第2平面鏡 $M_2$ が単独で回転したときの像の変形を、表3と図3に示す。ピボタル点は、第2光軸 $z_2$ と第3光軸 $z_3$ との交点Qとしており、その他の条件は上記と同じである。同様に、2つの平面鏡 $M_1$ 、 $M_2$ が一体として回転したときの像の変形を、表4と図4に示す。ピボタル点は、第2光軸 $z_2$ （線分PQ）の midpoint K の直下30mmの点Gとしており、その他の条件は上記と同じである。

## 【0020】

## 【表2】

点	[X軸周り回転]		[Y軸周り回転]		[Z軸周り回転]	
	d X	d Y	d X	d Y	d X	d Y
1	0.0	-14.0	-106.7	0.0	106.7	0.0
2	73.2	19.2	-159.7	-145.3	159.7	145.2
3	32.9	41.5	-86.5	-165.4	86.5	165.3
4	-73.1	19.2	-159.8	145.2	159.7	-145.3
5	-32.9	41.5	-86.5	165.3	86.5	-165.4

【0021】

50 【表3】

9

10

点	[X軸周り回転]		[Y軸周り回転]		[Z軸周り回転]	
	d X	d Y	d X	d Y	d X	d Y
1	0.0	-7.7	124.8	0.0	-124.8	0.0
2	-19.9	-56.1	185.5	191.7	-185.5	-191.7
3	-9.1	-44.3	85.5	186.3	-85.4	-186.3
4	19.9	-56.1	185.5	-191.7	-185.5	191.7
5	9.1	-44.3	85.4	-186.3	-85.5	186.3

【0022】

【表4】

点	[X軸周り回転]		[Y軸周り回転]		[Z軸周り回転]	
	d X	d Y	d X	d Y	d X	d Y
1	0.0	-10.9	18.1	0.0	231.5	-0.1
2	26.7	-18.4	25.7	46.5	345.3	336.9
3	12.0	-1.4	-1.1	21.0	172.1	351.6
4	-26.7	-18.4	25.8	-46.4	345.1	-337.0
5	-12.0	-1.4	-1.0	-20.9	171.9	-351.7

【0023】図2～図4に示すように、対象部材をX軸周りに回転すると像の変形が発生する。また、対象部材をY軸周りに回転し、あるいはZ軸周りに回転すると、像の回転が発生する。このうち、先ずX軸周りの回転に着目すると、第1平面鏡M<sub>1</sub>単独の回転(図2(X))及び第2平面鏡M<sub>2</sub>単独の回転(図3(X))と比較して、本実施例(図4(X))では像の変形が少なくなっていることが分かる。すなわち、第1平面鏡M<sub>1</sub>単独の回転のときの像の変形と、第2平面鏡M<sub>2</sub>単独の回転のときの像の変形とは、ほぼ逆方向の傾向を示すために、本実施例によれば両者が打ち消しあって像の変形が少なくなる。これは、2つの平面鏡M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>が同角度ずれても、ルービックキューブの如く、光軸がずれないために、理想位置に対する光線ずれがほとんど生じないため、収差の発生量が小さいためである。

【0024】なお、2つの平面鏡M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>を一体として保持する場合のピボタル点は、第2光軸z<sub>2</sub>(線分PQ)の中点Kとすることが望ましい。何故ならば、ピボタル点が第2光軸z<sub>2</sub>(線分PQ)の中点Kにあれば、保持部材がピボタル点を通るX軸周りに回転したとしても、レンチクルRからウェハWまでの光軸上の距離は変わらないので、回転対称な収差や倍率ずれがほとんど発生しないからである。

【0025】このことから、第2光軸z<sub>2</sub>(線分PQ)の中点Kとピボタル点Gとの距離KGは小さいことが好ましく、一般には、第2光軸z<sub>2</sub>の長さPQの0.2倍以内、すなわち、

$$KG \leq 0.2 \times PQ \quad \dots (1)$$

であることが好ましい。本実施例では、KG=30mm、PQ=530mmであるから、上記条件(1)を満たしている。また、ピボタル点Gは保持部材Hの内部にあることもあるが、保持部材はその外面で支持するわけではない。したがって保持部材の現実的な支持位置は、第2光軸z<sub>2</sub>の中点Kを通り第2光軸z<sub>2</sub>と直交する平面の近傍とすることが良い。

【0026】次に、Y軸周りの回転に着目すると、第1平面鏡M<sub>1</sub>単独の回転(図2(Y))及び第2平面鏡M<sub>2</sub>単独の回転(図3(Y))と比較して、本実施例(図4(Y))では像の回転が少なくなっていることが分かる。すなわち、第1平面鏡M<sub>1</sub>単独の回転のときの像の回転と、第2平面鏡M<sub>2</sub>単独の回転のときの像の回転とは、ほぼ逆方向の傾向を示すために、本実施例によれば両者が打ち消しあって像の回転が少なくなる。

【0027】次に、Z軸周りの回転に着目すると、第1平面鏡M<sub>1</sub>単独の回転(図2(Z))及び第2平面鏡M<sub>2</sub>単独の回転(図3(Z))と比較して、本実施例(図4(Z))では像の回転が大きく発生してしまっている。しかし、2つの平面鏡M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>を一体として保持する保持部材Hは、Y方向を長手方向としているから、保持部材Hの長手方向の端部に支持部材を補強することなどによって、Z軸周りの回転量(及びX軸周りの回転量)を抑制することは容易である。更に、Z軸方向は重力方向であるから、Z軸周りの回転が生じても保持部材Hの重力バランスが崩れる訳ではない。したがってこの点からも、Z軸周りの回転量を容易に抑制することができる。また、この実施例からわかるように、反射偏向部材が表面反射鏡であれば、比較的保持は容易である。それに対して、ビームスプリッターのようなものを含むと、保持部材の重量もまして、保持部材の支持は比較的難しくなる。

【0028】次に、本発明の第2実施例による反射屈折投影露光装置に用いる投影光学系の光路図を図5に示す。本実施例の第1実施例との主要な相違は、同図に示すように、2つの平面鏡M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>の間にレンズLが配置されている点と、すべてのレンズの硝材が石英ガラスである点である。第2実施例の投影光学系の主要諸元は、

倍率：0.25倍

使用波長：193.3nm(ArFエキシマレーザー)

である。露光領域Waとしては、図6(X)に示すよう

に、前後X方向長さ×左右Y方向長さが、25mm×8mmの長方形領域としている。以下の表5に第2実施例の投影光学系の光学部材の諸元を掲げる。レンズの硝材についてはすべて石英であることから、表5では省略している。また各非球面とも、円錐係数は $\kappa=0$ であり、非球面係数のうち、 $E=F=0$ である。

【0029】

【表5】

〔レンズ諸元〕

No	r	d	$R_{eff}$	
0	$\infty$	52.5105		R
1	567.1430	40.1245	84.49	$A_1$
2	3470.8704	2.2743	86.20	
3	12580.6849	29.5354	86.34	$A_1$
4	919.5973	2.0000	88.19	
5	355.8404	35.8420	89.51	$A_1$
6	645.8193	78.2133	89.37	
7	523.4723	23.5558	95.17	$A_2$
8	-1724.9806	14.1444	94.91	
9	-544.7152	22.0000	94.37	$A_2$
10	-996.4488	0.5000	94.96	
11	222.1244	22.0000	94.48	$A_2$
12	285.0673	270.9667	91.66	
13	-448.3590	20.0001	69.82	$A_2$
14	483.2437	7.1773	69.86	
15	450.0000	27.4588	73.46	$A_2$
16	-581.8071	98.1108	77.12	
17	-164.5653	25.0000	97.01	$A_2$
18	-686.3758	18.1361	116.87	
19	-274.4169	-18.1361	117.82	$A_2$ $M_c$
20	-686.3758	-25.0000	117.22	$A_2$
21	-164.5653	-98.1108	102.36	
22	-581.8071	-27.4588	99.27	$A_2$
23	450.0000	-7.1773	98.55	
24	483.2437	-20.0001	96.16	$A_2$
25	-448.3590	-270.9667	92.30	
26	285.0673	-22.0000	83.28	$A_2$
27	222.1244	-0.5000	84.79	
28	-996.4488	-22.0000	82.76	$A_2$
29	-544.7152	-14.1444	80.48	
30	-1724.9806	-23.5558	79.87	$A_2$
31	523.4723	-0.5000	78.99	
32	$\infty$	255.9374		$M_1$
33	604.6543	31.2039	116.51	B L
34	-787.6549	200.0000	116.86	
35	$\infty$	-152.7463		$M_2$
36	-445.7714	-30.0000	103.97	B
37	-10477.3479	-0.5000	102.01	
38	-704.6939	-24.4152	101.24	B
39	-217.6002	-46.6658	96.30	
40	-262.5805	-32.4068	100.37	B
41	-1345.5908	-82.6445	98.92	

42	—	-47.7302	91.14	A S
43	-313.2008	-39.4658	97.58	B
44	584.6659	-0.8283	97.17	
45	-473.1823	-27.4850	94.61	B
46	487.4609	-8.0932	93.17	
47	304.5680	-25.0000	92.05	B
48	1295.3943	-0.6535	87.95	
49	-210.3586	-42.6899	84.21	B
50	-716.6193	-4.1246	76.28	
51	-240.1793	-60.0000	72.13	B
52	1038.2875	-1.1901	55.47	
53	-280.1800	-40.0000	50.65	B
54	-2803.1853	-18.2145	34.10	
55	∞			W

## 【非球面データ】

No=38	A = $2.1892 \times 10^{-8}$	B = $2.7825 \times 10^{-13}$
	C = $1.4089 \times 10^{-18}$	D = $-6.4967 \times 10^{-23}$
No=48	A = $-1.3381 \times 10^{-8}$	B = $-4.2757 \times 10^{-13}$
	C = $4.5484 \times 10^{-18}$	D = $-2.4978 \times 10^{-22}$

【0030】さて、第1実施例のときと同様に、比較対象として、2つの平面鏡M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>を個別に支持し、第1

[X軸周り回転]			[Y軸周り回転]		[Z軸周り回転]	
点	d X	d Y	d X	d Y	d X	d Y
1	0.0	-9.8	-120.1	0.0	120.1	0.0
2	63.4	20.4	-176.2	-150.2	176.3	150.1
3	24.3	38.4	-78.8	-169.7	78.9	169.7
4	-63.4	20.4	-176.3	150.1	176.2	-150.2
5	-24.3	38.4	-78.9	169.7	78.8	-169.7

## 【0032】

[X軸周り回転]			[Y軸周り回転]		[Z軸周り回転]	
点	d X	d Y	d X	d Y	d X	d Y
1	0.0	0.9	139.8	0.0	-139.8	0.0
2	-38.4	-32.3	206.8	201.0	-206.7	-201.0
3	-14.7	-34.3	74.5	189.1	-74.5	-189.1
4	38.4	-32.3	206.7	-201.0	-206.8	201.0
5	14.7	-34.3	74.5	-189.1	-74.5	189.1

## 【0033】

[X軸周り回転]			[Y軸周り回転]		[Z軸周り回転]	
点	d X	d Y	d X	d Y	d X	d Y
1	0.0	-31.0	19.7	0.0	259.9	-0.1
2	49.4	-44.1	30.6	50.8	390.6	343.2
3	41.8	-12.6	-4.2	19.4	160.9	355.8
4	-49.4	-44.1	30.3	-50.8	390.4	-343.4
5	-41.8	-12.6	-4.5	-19.4	160.7	-355.9

【0034】図6～図8に示すように、対象部材をX軸周りに回転すると像の変形が発生する。また、対象部材をY軸周りに回転し、あるいはZ軸周りに回転すると、像の回転が発生する。このうち、先ずX軸周りの回転に着目すると、第1平面鏡M<sub>1</sub>単独の回転（図6（X））

平面鏡M<sub>1</sub>が回転したときの像の変形と、第2平面鏡M<sub>2</sub>が回転したときの像の変形とを調べる。次いで、本実施例の構成に基づき、2つの平面鏡M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>が一体として回転したときの像の変形を調べる。第1平面鏡M<sub>1</sub>が単独で回転したときの像の変形を、表6と図6に示す。ピボタル点は、第1光軸z<sub>1</sub>と第2光軸z<sub>2</sub>との交点Pとしており、その他の条件は第1実施例のときと同じである。同様に、第2平面鏡M<sub>2</sub>が単独で回転したときの像の変形を、表7と図7に示す。ピボタル点は、第2光軸z<sub>2</sub>と第3光軸z<sub>3</sub>との交点Qとしており、その他の条件は上記と同じである。同様に、2つの平面鏡M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>が一体として回転したときの像の変形を、表8と図8に示す。ピボタル点は、第2光軸z<sub>2</sub>（線分PQ）の中点Kから、Z方向に+50mm、Y方向に-10mmの点Gとしており、その他の条件は上記と同じである。なお、 $KG = [50^2 + (-10)^2]^{1/2} = 51$

であり、PQ=487mmであるから、前記した条件（1）を満たしている。

## 【0031】

## 【表6】

20

## 【表7】

30

## 【表8】

50

及び第2平面鏡M<sub>2</sub>単独の回転（図7（X））と比較して、本実施例（図8（X））でもほぼ同量の像の変形が発生している。これは、2つの平面鏡M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>の間にレンズLが挟まっているため、第1平面鏡M<sub>1</sub>で反射した光線がレンズLを透過することで光線ずれを生じ、その



後に第2平面鏡 $M_2$ に入射するので、ルービックキューブによる光軸がずれない効果が失われてしまうために、収差が発生するためである。既述のように、保持部材HはY方向を長手方向としているから、保持部材Hの長手方向の端部に支持部材を補強することなどによって、X軸周りの回転量を抑制することは容易である。しかしながら、直角をなす2つの平面鏡 $M_1$ 、 $M_2$ を一体として保持する場合、両者の間に屈折部材Lを持たないことが好ましく、屈折部材Lを配置する場合にも、2枚程度を限度とすることが好ましい。

【0035】次に、Y軸周りの回転に着目すると、第1平面鏡 $M_1$ 単独の回転(図6(Y))及び第2平面鏡 $M_2$ 単独の回転(図7(Y))と比較して、本実施例(図8(Y))では像の回転が少なくなっていることが分かる。すなわち、第1平面鏡 $M_1$ 単独の回転のときの像の回転と、第2平面鏡 $M_2$ 単独の回転のときの像の回転とは、ほぼ逆方向の傾向を示すために、本実施例によれば両者が打ち消しあって像の回転が少なくなる。次に、Z軸周りの回転に着目すると、第1平面鏡 $M_1$ 単独の回転(図6(Z))及び第2平面鏡 $M_2$ 単独の回転(図7(Z))と比較して、本実施例(図8(Z))では像の回転が大きく発生してしまっている。しかし第1実施例で述べたように、Z軸周りの回転量を抑制することは容易である。

#### 【0036】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、光路偏向部材の回転によって発生する像の変形量が小さく、したがってクォーターミクロン単位の解像度を安定して有する反射屈折投影露光装置を提供することができた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例による反射屈折投影露光装置に用いる投影光学系の光路図

【図2】第1平面鏡が単独で、(X) X軸周り、(Y) Y軸周り及び(Z) Z軸周りに回転したときの像の変形を示す、図1中U-U線矢視図

【図3】第2平面鏡が単独で回転したときの像の変形を示す図2に対応する図

【図4】第1平面鏡と第2平面鏡が一体として回転したときの像の変形を示す図2に対応する図

10 【図5】第2実施例による反射屈折投影露光装置に用いる投影光学系の光路図

【図6】第1平面鏡が単独で、(X) X軸周り、(Y) Y軸周り及び(Z) Z軸周りに回転したときの像の変形を示す、図5中U-U線矢視図

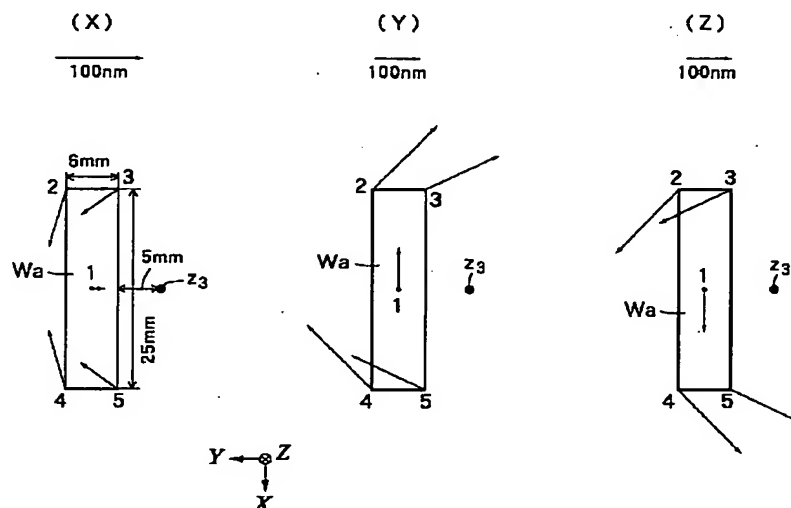
【図7】第2平面鏡が単独で回転したときの像の変形を示す図5に対応する図

【図8】第1平面鏡と第2平面鏡が一体として回転したときの像の変形を示す図5に対応する図

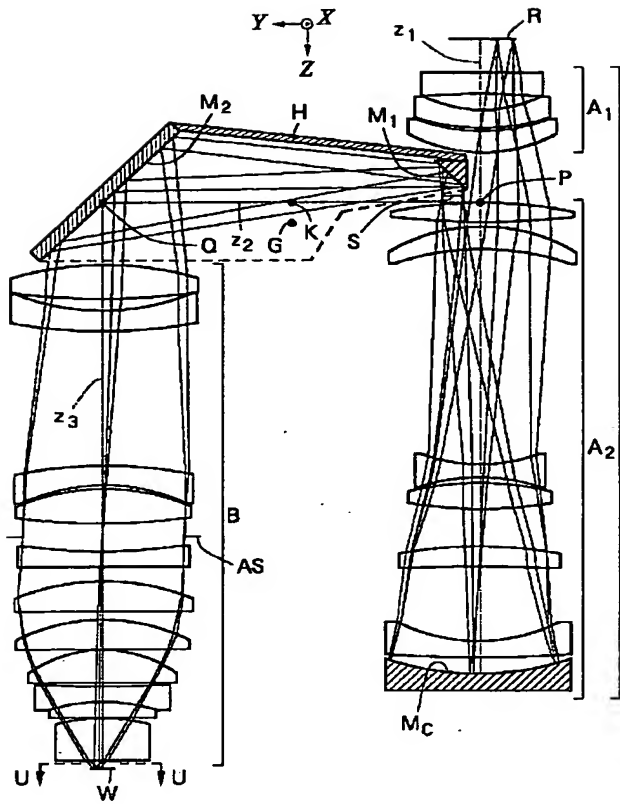
#### 【符号の説明】

20 R…レンチル	W…ウエハ
A…第1結像光学系	A <sub>1</sub> …前群
A <sub>2</sub> …後群	S…中間像
M <sub>c</sub> …凹面鏡	M <sub>1</sub> 、M <sub>2</sub> …平面鏡
B…第2結像光学系	AS…開口絞り
H…保持部材	L…レンズ
z <sub>1</sub> 、z <sub>2</sub> 、z <sub>3</sub> …光軸	X…前後方向
Y…左右方向	Z…鉛直方向
P…第1光軸と第2光軸との交点	Q…第1光軸と第2光軸との交点
30 K…第2光軸の中点	G…ピボタル点

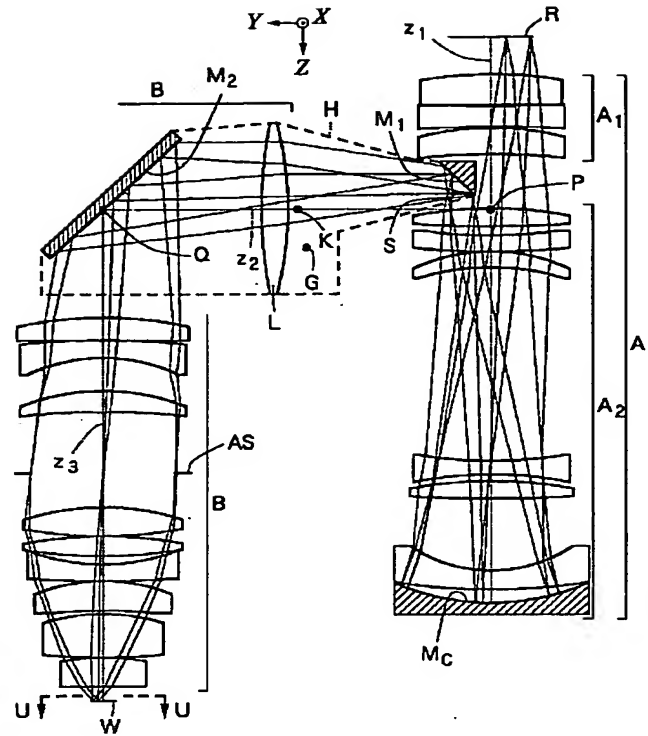
【図2】



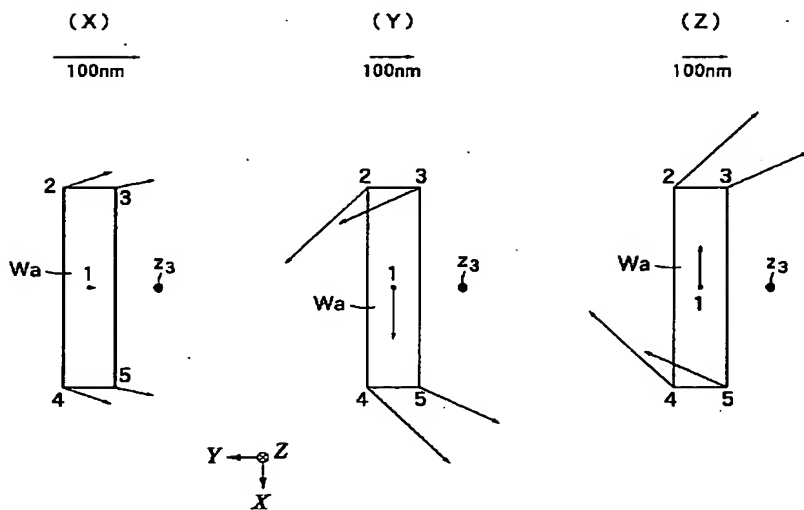
【図 1】



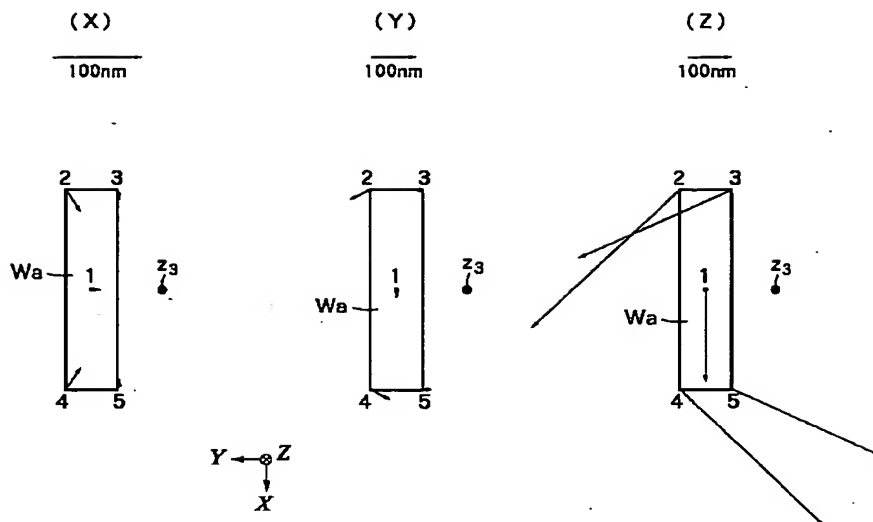
【図 5】



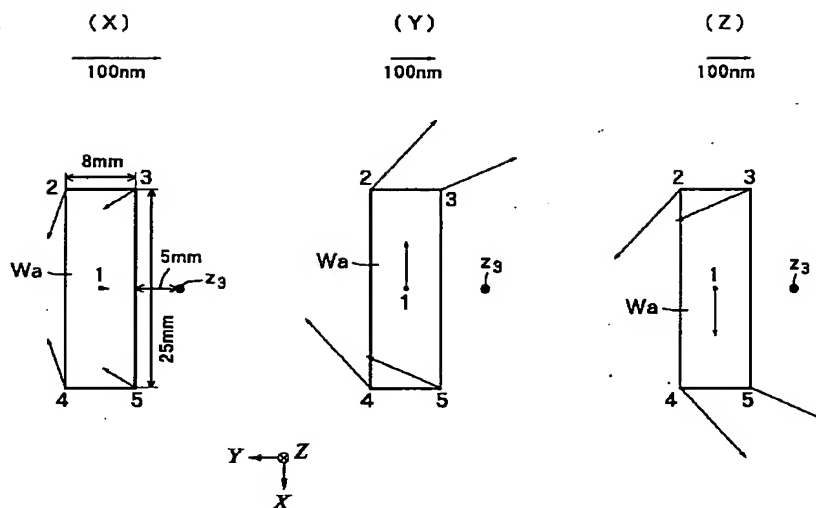
【図 3】



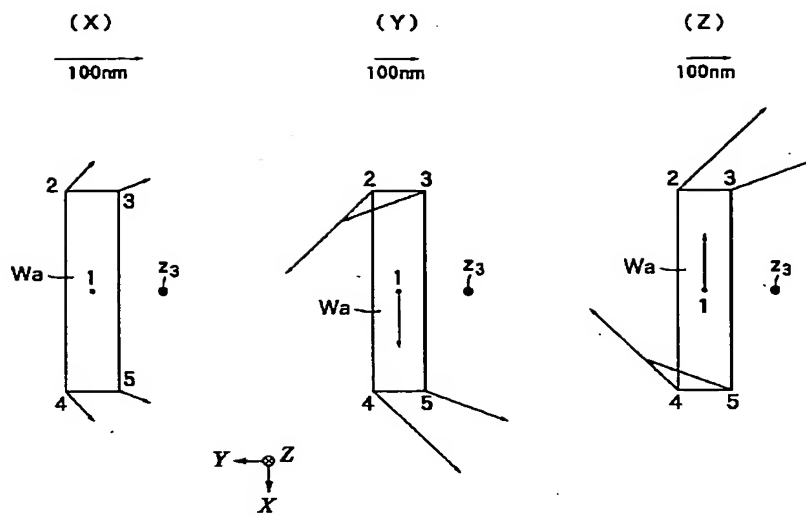
【図 4】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

